

# 小形 Motor 技術의 海外動向과 問題點

成 基 梨

(金星計電(株) 常務理事)

■ 차 례 ■

- 1. 序 論
- 2. 技術動向
  - 1) 輕薄短小化
  - 2) 機電一體化
  - 3) Brushless化
  - 4) 直結驅動과 Linear Motor
  - 5) 位置檢知素子の 減小化
- 6) 技術擴散
- 7) Micom. LSI에 依한 制御
- 3. 問題點
  - 1) 設計時間의 短縮化의 課題
  - 2) 構成部品の 再檢討
- 4. 結 論
- 參考文獻

## 1 序 論

Electronics 와 自動制御技術이 놀랍게 發展하고 있음은 새삼스럽게 말할 必要도 없지만, 이의 機器에 利用되고 있는 精密小型Motor의 技術도 커다란 進歩를 이루어 나가고 있다. 本來 小型 Motor 와 그 制御技術이 利用되는 分野는 宇宙, 軍事 및 航空分野이지만' 近來에는 計測器, Computer 周邊機器, 事務機器 및 情報機器에 多數의 精密한 小型 Motor 가 이용되고 있다. 이제 이 技術은 더욱 普遍化하여 家庭電氣機器에 까지 넓게 使用되어져, 이미 한 家庭에서의 小型Motor 使用數는 4~50臺에 達하고 있으며, 그 相當數가 VTR과 같은 高度의 制御技術을 應用한 機器로 까지 發達하여 가는 傾向이다.

그러나 過去20年間의 小型Motor의 歷史를 돌아 보면, 半導體技術의 進歩에 질질 끌려가는 形態로 進前하였다고 말할 수 있다. Motor 그 自身은 眞空管이 Tr로 바뀐 것과는 다르며, 眞空管이 철저히 小形化되고, 高性能化에로의 進歩를 이루어 왔다. 그러나 小型Motor의 구동, 制御하는 電子回路와 小型Motor를 必要로 하는 機器는 半導體技術의 集積이며, 결국 小型Motor의 開發도 根本적으로는 이

路線에 따라서 감에 틀림이 없다.

여기에서는 海外(특히 日本)에서의 小型Motor의 技術動向을 몇가지 項目으로 간추려 봄으로써, 아직도 걸음마 段階인 國內의 Motor 技術開發方向에 조금이나마 도움이 되고져 한다.

## 2 技術動向

### 1) 輕薄短小化

小型Motor 技術의 하나의 흐름은 形狀의 改良이다. 이는 ①小形化 ②偏平化 ③機器組邊化를 말하는데, 日本의 경우 User로 부터 外形과 特性만 이야기 하면 短時間에 Sample을 納品하고 있다. 예를들어 기기내에 必要部품을 構成하여 놓고 남은 空間에  $\phi g$ ,  $\phi$  Troque의 Motor가 들어 가게 해 달라고 要求하고 있다. 이로인해 Motor를 小形化하기 爲해서는 우선 永久磁石의 利用이 絶對的으로 必要하게 되어서, 교류유도Motor와 Reluctance Motor의 使用이 점차 敬遠되고, DC Motor, Brushless Motor 및 Stepping Motor가 인기있게 되었다. 특히 최근에는 Coreless Motor와 Brushless DC Motor의 偏平化가 꾸준히 進行되어, 極限에 까지 이르고 있다. 그림 1은 偏平型 Motor의

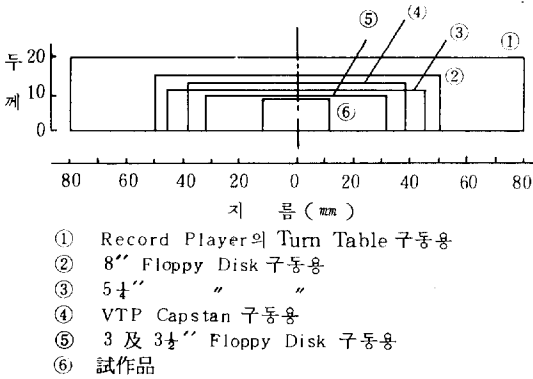


그림 1. 扁平型 Motor의 크기實例

크기 예를 나타내고 있다.

輕薄短小化를 爲해서는 다음과 같은 몇가지 技術的인 面에서 檢討되고 있는데,

① 磁石

Motor에 使用되고 있는 磁石의 種類는 現在 크게 나누어 Alnico, Ferrite, 希土類磁石이다. 그런데 小型化, 薄型化에 가장 기여하는 것은 希土類이지만 가격이 너무 높아서 Cost 보다도 小型化가 優先課題인 경우에만 이용되고, Cost를 優先하는 경우에는 Ferrite가 이용된다. 그러나 Thermolium · Cobalt 라고 하는 希土類는 產出國이 限定되어 價格이 不安定할 것으로 보아 Ferrite의 再研究를 試圖하고 있다.

② 卷線

Motor에 있어서 다음으로 重要的 것이, 卷線이다. 이 方面에는 이미 여러가지 面의 연구가 行해지고 있다. 이를테면 普通은 둥근斷面의 Magnet Wire를 利用하고 있지만, 이것 대신에 平角線을 利用하기도 하며, Sheet Coil 과 Print Coil 또는 Film Coil 등을 利用하려는 試圖가 점점 많아지고 있다. Sheet Coil의 경우 둥근斷面 Magnet Wire를 利用하는 경우와 比較하여, 0.5 mm 얇은 Motor의 生産이 가능한데, 이것은 扁平型에서의 設計目標을 0.1 mm씩으로 겨냥하는 데에 比較하여 커다란 進歩를 말해 주고 있다. 今年 1月 日本의 勸業電氣에서의 發表에 依하면 Sheet Coil을 使用하므로써 6.1mm까지 Motor의 두께를 얇게 하였으며 40%의 縮小라고 하는 커다란 의의를 갖게 되었다. 사진 1은 精密 Sheet Coil의 Assembly이다.

③ 磁石과 卷線의 關係

Motor에 있어서 回轉力과 推進力은 磁氣와 券線

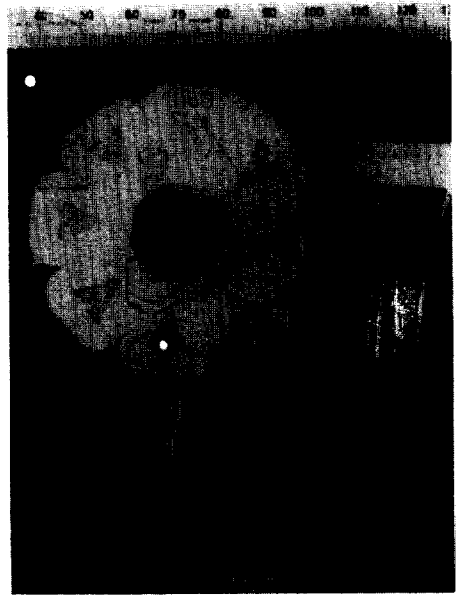


사진 1 精密 Sheet Coil의 Assembly

中에 흐르는 電流의 相互作用에 依하여 發生되므로 永久磁石의 磁束分布와 卷線의 配置와의 關係는 상당히 重要的 問題이다. 이것을 專門用語로서 說明하여 보면 基本波에 關係하는 卷線係數를 1에 가깝게 하여 高調波에 關한 卷線係數를 가능한 한 "0"에 가깝게 하는 것이 우선 要求되는 것인데, 여기에 다시 卷線의 抵抗을 가능한 한 작게 하는 것도 고려되어야 하고, 그리고 나서 이 Motor가 간단한 構造로 되어 있는가의 點을 고려하여야 한다. 이러한 點들을 모두 만족하는 것은 困難하므로 Motor의 目的에 따라서 合理的인 妥協點을 찾아야만 한다. 企業에 따라서 設計時에 이 部分을 經驗的인 手法에 依하여 하는 企業과 確實한 理論과 Computer를 利用하여, Simulation에 依하여 行하는 企業이 있는데 두 方法 모두 Motor를 小型化하는 것과 연결된다.

2) 機電一體化

以前까지의 Motor中 가장 작은 것은 지름이 4~5 mm程度로 작은 콩알 만한 것인데, 그림 2의(a)와 같다. 이것은 Swiss의 某會社의 손목時計의 動力用으로 그 構造는 典型的인 Motor의 形態이다. 요컨대 옛날의 Motor의 形을 小型化하여 간것임에 틀림없다. 現在의 Analog式 時計에 이용되고 있는

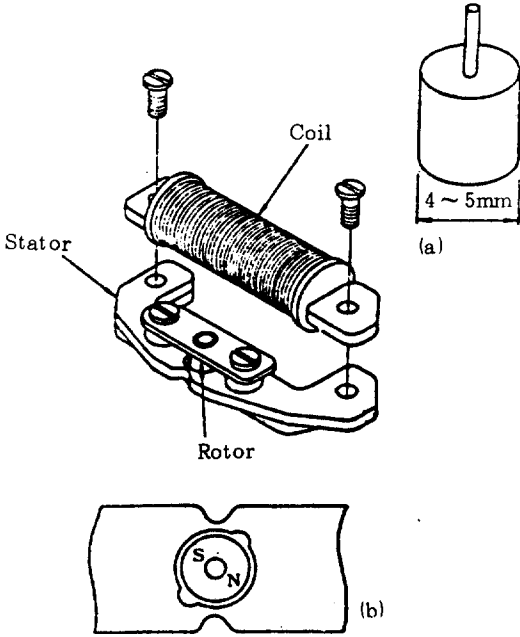


그림 2. 손목시계용 Stepping Motor

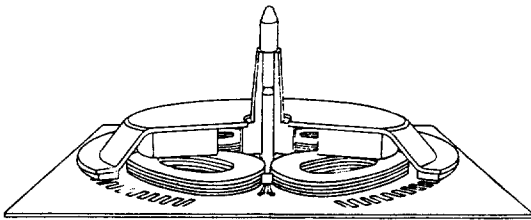


그림 3. Turn Table 구동용 Brushless DC Motor

Motor는 그림 2의 (b)와 같은 構造를 하고 있다. 이러한 構造를 機電一體化라고 하고 있으며, 이것이 손목시계에 조립되면 機械的部分과 電氣의 움직임을 하는 部分 (Motor)의 境界가 明確하지 않고, Motor가 機器全體中에 포함되어 一體化하고 있다. 그뿐 아니라 Motor를 制御하는 電子回路로 一體化하고 있다. (b)는 Motor의 效率(入力Energy에 對한 機械的 出力의 比)은 小型化할 수록, 磁束에 對한 Joule 損失의 比率이 크게 되므로 磁氣回路設計의 點에서 有利하며, Housing과 같은 部品도 不必要하다. 이러한 構想은 Record Player의 Turn Table 驅動用 Brushless DC Motor에 일찌기 채용되었고(그림 3), FDD裝置의 Spindle 驅動用, Analog Coach 時計에 Stepping Motor 등도 있으나 많지는 않다.

### 3) Brushless 化

速度와 位置制御에 利用되는 Motor 中에서 效率이 높고 制御性이 우수한 것이 DC Motor이다. 그러나 DC Motor의 유일한 결점은 Brush와 整流子사이에 미끄럼접촉에 依한 마모와 불꽃의 發生이다. 그래서 保守와 Noise 對策을 必要로 한다. 현재, 다음 3가지 方式에 依하여 Brush 化가 定着되고 있다.

#### ① Stepping Motor

주로 位置決定制御用이고, 低速 低Cost의 應用 영역에 適合하다. Micom과 Digital IC를 利用하는 開loop 制御가 용이하므로 用途가 擴大되고 있다. 또 Stepping Motor를 開loop 제어에 依하여 驅動하면 應答性이 改善되어 最高速度를 數倍로 끌어 올릴 수 있는 것이 可能하므로 一部에서 利用되고 있다. 이의 應用範圍도 擴大될 展望이다.

#### ② 速度制御用 Brushless DC Motor

Audio 機器, VTR, Floppy 裝置, Laser Printer의 Polygonmiller (多面體鏡) 驅動裝置 및 이 외에도 널리 利用되고 있다. 一定速度의 驅動에서는 Motor의 Torque는 그만큼 높은 必要가 없으므로 Coreless 型의 Brushless DC Motor가 利用된다. 但 機動時에는 큰 Torque가 얻어지도록 하지 않으면 안된다.

#### ③ Brushless Servo Motor(AC Servo Motor)

位置決定制御의 Servo Motor로 NC 工作機械와 Robot 用に 開發되었다. Motor의 形式은 永久磁石式 同期 Motor이고, Inverter에 依하여 3相 交流의 電流를 만들어 내고, 이것을 精密하게 制御함으로써 Motor의 Torque를 Control하는 方式이다. 이 種類의 Motor에는 高分解能의 位置 Sensor가 利用되지만, 現在 最高의 方法은 아닌 것이 問題이고, 하나의 커다란 과제이다. 또 電源投入時에 Motor의 初期位置를 決定하는 適當한 方法이 없는 것은 DC Motor에 비해 欠點이다. AC Motor의 또 하나의 方式은 유도 Motor의 Vector 제어인데, 이것은 小型 Motor에는 적합하지 않다고 한다. 그 理由는 永久磁石을 利用하는 Motor에 比하면 形態가 크게 되는 것과 制御回路가 複雜한 것이다.

#### 4) 直結驅動과 Linear Motor

最近에는 Motor의 動力을 Gear와 Pully를 넣지 않고 目的하는 物體에 傳達하는 方式이 要求된다. 即 回轉型 Motor의 直結驅動과 Linear Motor를 말할 수 있다. 直結驅動은 Floppy 裝置와 Record Player 및 VTR 등에 利用되고 있는데 效率面에서

不利하게 되기 쉽고, 特히 工作機械等の Servo Motor 의 경우에는 Motor 의 設計上 再檢討가 必要하다. 한편 小型 Linear Motor 의 大部分은 Stepping Motor 의 型式을 갖추고 있는 것이 많은데, 例를 들면 Printer 의 Head 驅動, X Y Plotter, 生産 line 의 移送 및 位置決定等에 利用되고 있다. 그리고 그중에는 閉Loop 制御를 취하여 높은 應答性을 얻고 있는 方式도 있다. 最近 Motor 의 새로운 原理로서 注目되고 있는 것이 表面波 Motor 인데 이것도 直結 驅動 및 Linear Motor 의 한 例이다. 이것은 그림 4 와 같이 아주 간단한 構造로서 回轉型 Motor 와 Linear Motor 의 方式으로 나뉜다. 回轉型의 경우에는 2 枚의 金屬 ring 을 겹쳐서 Motor 를 構成하고 있다. Ring 의 한쪽은 Stator (固定子) 이며, 여기에는 超音波振動子가 취부되어 있다. 超音波에 依하여 金屬의 表面에 進行波가 發生하게 되는 것인데, 이 波動運動의 振幅은 數 micron 程度이므로 우리의 눈으로는 觀察할 수는 없지만, 이것과 接觸하고 있는 物體(金屬 또는 其他 物質로 하여도 상관없다)는 橫方向으로 힘을 받게 되므로, 이것에 依하여 回轉하게 된다. Linear Motor 의 경우에는 Rail 에 超音波의 表面波를 發生시켜서 이것과 接觸하고 있는 Slider (可動子)가 Rail 을 따라 運動한다. 이 表面波 Motor 의 利點은 Rotor 와 Stator 의 構造가 극히 單純하고, 薄型化하기도 容易하다는 것이다.

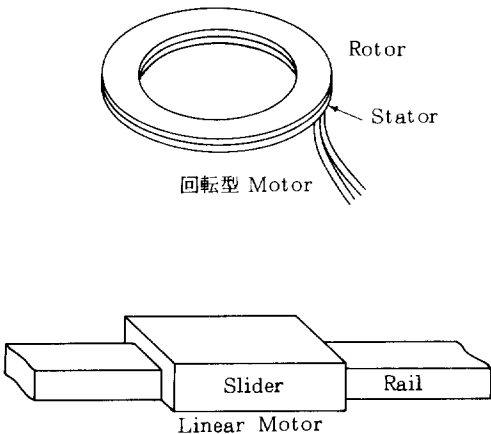


그림 4. 表面波 Motor

5) 位置檢知素子の 減少化

小型 Motor 의 일반적인 推勢가 整流子 Motor 에서 Brushless Motor 로 옮겨져 가고 있지만, Fan

Motor 等 값이 싸야 하는 DC Brushless Motor 에 있어서는 位置決定精度를 맞춘다는 것이 도리어 귀찮고, 또한 位置檢知素子가 高價인 까닭에 이것을 작게 하거나 아주 利用하지 않는 傾向이다. 位置檢知素子로서는 普通 Hole 素子, Hole IC 또는 磁氣抵抗素子가 이용되고 있는 것은 이미 알려져 있는 사실이나 다음의 3가지 方法에 依하여 位置檢知素子를 減少시켜 나가고 있다.

① Logging을 利用한 位置檢知素子 1個의 DC Brushless Motor

一般的으로 이러한 Type 은 一相通電되는 Motor 에서 많이 보여진다. 一相 Motor 는 通電切替點에서 Torque 가 "0" 으로 되는 死點이 있다. 이 때문에 Motor 가 起動하는 時에 Magnet Rotor 의 位置가 자주 死點에 있게 될 때마다 Motor 의 自力起動이 不可能하게 된다. 이 때문에 電機子 Coil 과 Magnet Rotor 에 依하여 생겨나는 電機子 Torque 에다 Logging Torque 를 附加하는 것으로서 이 死點을 해소시킨다. Coreless Motor 에서는 이 方法을 利用하고 있는데, 具體的인 例로서는 그림 5에서와 같이 1相의 Motor 에서 알 수 있다. Coil 은 第1卷線의 2개의 Coil 을 감아서 각각 反對의 磁極에 勵磁되도록 되어 있다. Stator Core 의 突極部分의 Gap 길이가 時計方向으로 向하여 서서히 크게 되어지는 것이 特徵이다.

② Magnet 着·를 利用한 位置檢知素子 1個의 DC Brushless Motor.

이 Type 도 一般的으로는 一相通電되는 Motor 에서 많이 보여지는데, 그림 6은 美國特許 3,299,635 號에 나타난 Philips 의 Inner Rotor Type 의 DC Brushless Motor 이며, 補助突極을 利用하고 있다. 磁界 Magnet 는 N 極, S 極, O 極(無着磁)을 교대로 着磁하고 있다.

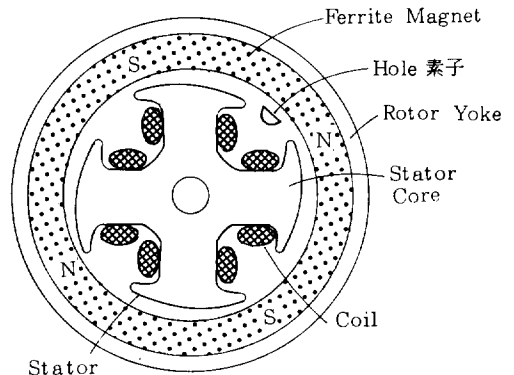


그림 5. 不均一 Gap 을 지닌 Motor 의 斷面圖

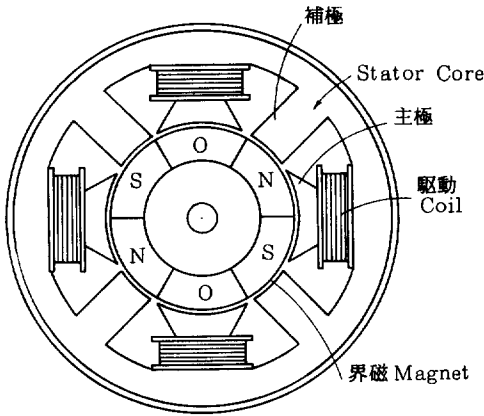


그림 6. 1相 DC Motor

것이 바람직하다. 이에서 發想되어진 것이 磁界內에 생긴 Coil (一般的으로는 驅動 Coil 이 代用됨)의 誘導出力을 位置檢知信號로서 利用하여, 驅動 Coil의 通電制御를 하는 回轉磁界를 얻어 回轉하는 Brushless Motor 이다. 이것은 그림 7에 나타나 있다.

### 6) 技術擴散

素材와 部品 Maker 中에서도 小型 Motor 分野의 參與가 많고, 講習會, Symposium 等 情報交流가 活潑한 等, 技術擴散이 尙상 行해지고 있는 것도 하나의 技術動向이다. 例를들면 Motor의 製造는 大量生産에 依하지 않으면 經濟的으로 맞지 않으므로 Motor의 驅動回路의 開發이 盛하고 있으며, User의 要求에 따라 지금까지 Stepping Motor를 利用하던 裝置를 DC Serro Motor의 PWM 驅動으로 바꾸기 爲해 技術習得中이며, 이미 이러한 技術을 確立하고 있는 곳에서는 앞에 記術한 Brushless DC Motor의 驅動技術을 確立하여 나가고 있다. 이와같이 이러한 새로운 技術의 確立에 依하여 많은 企業에서 여러가지 技術變化를 이룩하여 갈 것으로 展望된다.

### 7) Micom, LSI에 依한 制御

小型 Motor를 Micom과 LSI로 制御하는 것은 점점 當然한 일로 받아들여 지고 있다. 그래서 制御界內에서 Analog 部分을 배제하고 全 Digital 方式에 依한 Motor 制御가 比較的 簡單한 FA機器에 利用되기 시작하고 있다. 이러한 傾向은 可速度的으로 進行될 것으로 豫想된다.

### 3 問題點

#### 1) 設計時間의 短縮化의 課題

우리나라의 경우도 이미 製品의 Life Cycle이 짧아지고 있는 바와 같이, OA 機器의 Life Cycle이 짧다. 여기 利用되는 小型 Motor의 設計에서 製造까지의 時間을 短縮化하여야 하게 되었다. 이것은 試作과 實驗의 合理化에서만 可能하게 되는데, 지금까지의 設計 Know How가 整理되어 있어서 만들어 보아야만 알 수 있는 要素가 적으면 Computer에 依한 設計가 可能하게 된다. 理論的으로는 Motor의 驅動回路의 設計도 Computer에 시키는 것이 可能하므로 여러회사에서 이 方面의 努力을 아끼지 않고 있다. 그렇지만 염려가 되는 것은 永久磁石을 利用한 機種 (이러하면, Hybrid型 Stepping Motor

### ③ 位置檢知素子를 使用하지 않은 DC Brushless Motor

이것은 磁界內에 發生된 Coil의 誘導出力을 位置檢知信號로 한 것이다. 磁電變換素子는 高價이며, 端子가 많아, 取付가 高精度이어야 하며 耐熱性도 우수하지 못한 點이 있다. 따라서 DC Brushless Motor 等에는 磁電變換素子를 1個도 使用하지 않는

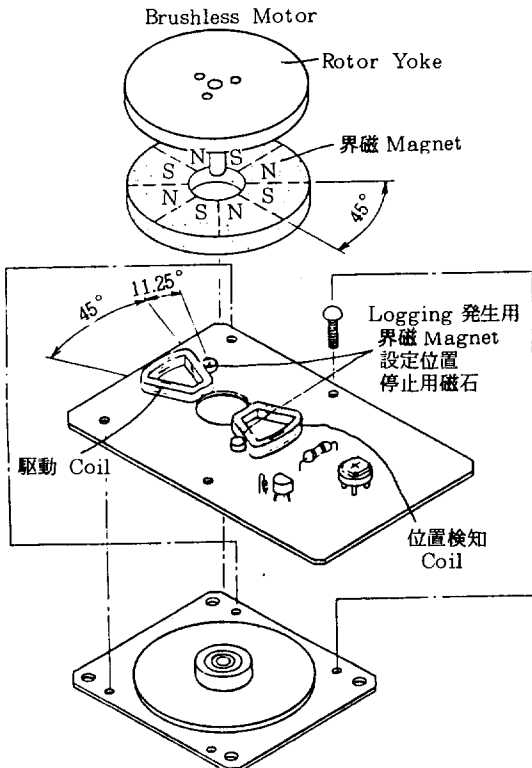


그림 7. 位置檢知 Coil을 利用한 Brushless Motor

와 Brushless DC Motor)에 관한 設計 Theme 의 公表例가 적고, Computer 에 依한 設計가 한가지 커다란 장애이다.

2) 構成部品の 再檢討

小型 Motor 를 構成하는 모든 部品을 신중하 再檢討하려는 생각이 많이 論議되고 있다. 예를들면 VTR의 Head 駆動用 Motor와 Laser Printer 用의 Motor에 있어서는 Rotor軸의 작은 不安定現狀이 畫質과 線質을 低下시키고 있다. 여기에 精密한 Ball Bearing의 條件을 明確히 하는 研究가 注目되고 있다. Motor의 소음과 진동도 문제이며, 偏平型의 Coreless Motor에서 나는 소음의 對策도 커다란 課題의 하나이다. 또한 이미 열거한 永久磁石의 利用技術도 素材檢討의 하나이다.

4 結 論

小型 Motor의 技術의 現狀을 한마디로 表現하면

Fleming의 왼손法則을 利用한 小型 Actuator의 技術은 하나의 完成期를 맞이하고 있다고 할 수 있다. 日本의 경우는 企業에서의 계속적인 研究 活動에 依하여 놀랍게 發展되고 있음을 알 수 있다. 앞으로는 超音波 Motor와 表面波 Motor 및 壓電素子를 利用한 Motor 등의 出現이 期待되고 있다.

參 考 文 獻

- 1) 小型 Motor의 基礎와 Micromotor, 工學博士 見城尚志
- 2) 日本小型 Motor 技術의 動向, 工學博士 見城尚志
- 3) 輕薄短小化로 向하는 小型 Motor, 工學博士 兼定 誠
- 4) Mechatronics를 爲한 DC Servo Motor, 工學博士 見城尚志
- 5) Sheet Coil Motor의 技術動向 勸業電氣機器(株) 加藤 厚

◇ 꼬마상식 ◇

液晶技術의 動向

第 24回 Society for Information Displays 會議에서는 液晶의 進歩와 어드레스法 및 同一基板上에 서의 IC 駆動回路의 搭載등이 主要한 話題가 되었다.

以外에 ELD (electroluminescent displays)를 量産할 경우의 問題點과 液晶에 의한 畫面프로젝터 그리고 가스플라즈마디스플레이등도 話題가 되었다고 한다.

Sony에서는 LCD에 대하여 垂直駆動回路를 簡略化한 120 × 120 畫素의 多量化 2重에트릭스패널을 發表하였는데 이것은 多重화때문에 PWM (Pulse Width Modulation)이 不必要하다고 消費電力도 180 mW 정도로 적다.

한편 Tektronix 社의 黑白CRT와 LC 光 스위치를 使用한 素子は 單一周波수가 아니며 스위치의 速度는 ms 程度라고 하는데 像은 CRT에서 필트順次로서 보내어 光스위치와 同期시키고 있다고 한다.

또한 重要한 2件의 發生內容中 Videlec 社의 것은 直接 LCD에 직접 플립칩을 附着하는 技術로서 7 × 9의 도트메트릭스用의 CMOS 드라이버를 直接 80 mm 높이의 文字表示素子の 글라스面に 附着함으로써 信賴性向上과 코스트다운에 有力하게 하였으며 Hughes 社의 것은 240 × 230 素子の MOS드라이버를 2.375 in<sup>2</sup>의 패키지에 實裝할 수 있는데 콘트라스트比는 40對1이라고 한다.

以外에 東芝에서는 非晶質실리콘에 薄膜트랜지스터를 實現하여 220 × 240 畫素를 갖는 透過形 LCD를 發表하였는데 解像度는 TV나 그래픽디스플레이와 同一하다고 한다.

그리고 日本電氣公社電氣通信研究所에서는 薄膜트랜지스터를 EL (Electroluminescence)의 드라이버에 使用하고 있는데 이것은 多結晶실리콘으로 製作한 것이라고 한다.